

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-285176

(43) 公開日 平成8年(1996)11月1日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
F 1 6 M 5/00			F 1 6 M 5/00	D
			7/00	C
G 0 3 F 7/20	5 2 1		G 0 3 F 7/20	5 2 1
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 0 3 F

審査請求 未請求 請求項の数 2 F D (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-111092

(22) 出願日 平成7年(1995)4月13日

(71) 出願人 000001007
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 涌井 伸二
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

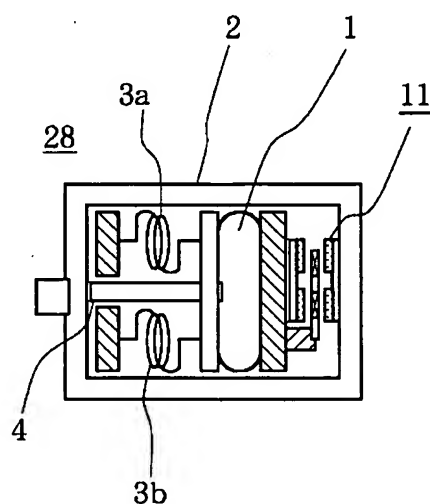
(74) 代理人 弁理士 伊東 哲也 (外1名)

(54) 【発明の名称】 ハイブリッド式制振除振装置

(57) 【要約】

【目的】 空気バネをアクチュエータとする能動的除振装置に大重量物の姿勢制御を、VCMをアクチュエータとする能動的除振装置に制振制御を主に担当させて、装置全体の除振および制振性能を向上させる。

【構成】 空気バネ1をアクチュエータとする能動的除振装置に大重量物の姿勢制御を、ボイスコイルモータ11をアクチュエータとする能動的除振装置に制振制御を担わせる制振除振装置に係り、水平面内の制振除振のため、平板状の定盤の四隅に配置するアクチュエータとして空気バネ4個とボイスコイルモータを4個を備え、平板状の定盤の対角位置2箇所に同一方向の駆動軸を有する空気バネを配置し、もう一对の対角位置2箇所には前記駆動方向と直交する方向の駆動軸を有する空気バネを配置し、各4個の空気バネの駆動軸の駆動方向と直交する駆動軸を持つボイスコイルモータが各空気バネの近傍に備えられている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 空気バネをアクチュエータとする能動的除振装置に大重量物の姿勢制御を、ボイスコイルモータをアクチュエータとする能動的除振装置に制振制御を担わせる制振除振装置に係り、
水平面内の制振除振のため、平板状の定盤の四隅に配置するアクチュエータとして空気バネ4個とボイスコイルモータを4個を備え、
平板状の定盤の対角位置2箇所に同一方向の駆動軸を有する空気バネを配置し、
もう一对の対角位置2箇所には前記駆動方向と直交する方向の駆動軸を有する空気バネを配置し、
各4個の空気バネの駆動軸の駆動方向と直交する駆動軸を持つボイスコイルモータが各空気バネの近傍に備えられていることを特徴とするハイブリッド式制振除振装置。

【請求項2】 前記ボイスコイルモータは平板型ボイスコイルモータであることを特徴とした請求項1記載のハイブリッド式制振除振装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、空気バネおよびボイスコイルモータをアクチュエータとするハイブリッド式制振除振装置に関し、特に露光用XYステージを搭載してなる半導体製造装置等の一構成ユニットとして好適に使用されるものに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、除振台上には振動を嫌う機器群が搭載される。例えば、光学顕微鏡や露光用XYステージなどである。特に、露光用XYステージの場合には、適切かつ迅速な露光が行われるべく、外部から伝達する振動を極力排除した除振台上に同ステージは搭載されねばならない。なぜならば、露光は露光用XYステージが完全停止の状態で行われなければならないからである。さらに、露光用XYステージは、ステップ&リピートという間欠運転を動作モードとして持ち、繰り返しのステップ振動を自身が発生しこれが除振台の揺れを惹起せしめることにも注意せねばならない。この種の振動が安定しきれないで残留する場合にも、露光動作に入ることは不可能である。したがって、除振台には、外部振動に対する除振と、搭載された機器自身の運動に起因した強制振動の制振性能とをバランスよく実現することが求められている。

【0003】なお、XYステージを完全停止させてから同ステージ上に搭載のシリコンウエハに対して露光光を照射するというステップ&リピート方式の半導体製造装置に代わって、XYステージなどをスキャンさせながら露光光をシリコンウエハ上に照射するスキャン方式の半導体露光装置も登場してきた。このような装置に使われる除振台に対しても、外部振動に対する除振と、その除

振台に搭載された機器自身の運動に起因した強制振動に対する制振性能とをバランスよく満たすことが求められることは同様である。

【0004】さて、周知のように、除振台は受動的除振台と能動的除振台に分類される。除振台上の搭載機器に求められる高精度位置決め、高精度スキャン、高速移動などへの要求に応えるべく近年は能動的除振装置を用いる傾向にある。能動的除振装置に用いられるアクチュエータとしては、空気バネ、ボイスコイルモータ、圧電素子などがある。

10

【0005】まず、図3を用い、空気バネをアクチュエータとする能動的除振装置における空気バネ式支持脚12に対するフィードバック装置19の構成とその動作を説明しよう。同図において、13は空気バネ14へ動作流体の空気を給気・排気するサーボバルブ、15は支持台16の鉛直方向変位を計測する位置センサ、17は予圧用機械バネ、18は空気バネ14と予圧用機械バネ17および図示しない機構全体の粘性を表現する粘性要素である。これらの構成部品から組み合わせられる機構は空気バネ式支持脚12と呼ばれる。次に、空気バネ式支持脚12に対するフィードバック装置19の構成とその動作を説明する。まず、加速度センサ20の出力は、適切な増幅度と時定数とを有するローパスフィルタないしバンドパスフィルタ21を介してサーボバルブ13の弁開閉用の電圧電流変換器22の前段に負帰還させている。この加速度フィードバックループにより機構の安定化が図られている。すなわち、ダンピングが付与されるのである。さらに、位置センサ15の出力は変位増幅器23を通して比較回路24の入力となっている。ここでは、空気バネ式支持脚12が接する地面に対する目標位置と等価な目標電圧25と比較されて偏差信号eとなる。この偏差信号eはP1補償器26を通して電圧電流変換器22を励磁する。すると、サーボバルブ13の弁開閉によって空気バネ14内の圧力が調整されて支持台16は目標電圧25で指定した所望の位置に定常偏差なく保持可能となるのである。ここで、Pは比例、Iは積分動作をそれぞれ意味する。空気バネ14をアクチュエータとした空気バネ式支持脚12は、支持台16の上に大重量物を搭載できる能力を持つ。しかし、空気バネ式支持脚12とフィードバック装置19とからなる閉ループ系に対して高速応答を期待することはできなかった。

20

30

40

50

【0006】次に、永久磁石と巻線コイルとからなるボイスコイルモータ（以下、VCMという）をアクチュエータとする能動的除振装置における支持脚のフィードバック装置構成とその動作を説明する。加速度センサの出力信号を積分器に通して速度信号に変換し、この信号でVCMを駆動する電力増幅器を励磁し、結果として支持する定盤にダンピングを与えることが制御ループの基本構成になる。図4がVCMを使った除振装置における制御ループの基本構成である。同図において、29は加速

度センサの出力信号を受けてオフセットと高周波の雑音を除去するための適切な前置フィルタ、30は前置フィルタ29の出力信号を速度のディメンジョンに変換するための積分器、31はVCM（不図示）を駆動するための電力変換器である。なお、積分器30は必要に応じて疑似積分器でも構わない。VCMをアクチュエータとする能動的除振装置では、俊敏なる応答性が特徴である。しかし、大重量物を位置決めする支持のためには定常的な電流を巻線コイルに通電しておかねばならないので発熱問題を引き起こし不利である。通常、発生した振動のみに応動してVCMを駆動するように制御ループが構成される。

【0007】さて、空気バネをアクチュエータとする能動的除振装置は、定盤を含めた大重量物を支持して姿勢の位置制御をすることにおいて優れた能力を持つ。しかし、制御ループの応答が緩慢なので搭載機器が発生する振動の影響を相殺するために同機器の駆動信号に補償を施して空気バネのアクチュエータをフィードフォワード的に駆動して振動の影響を抑圧する能力の面では劣っていた。一方、VCMをアクチュエータとする能動的除振装置は、俊敏なる応答性を有するが装置全体の姿勢を位置決め制御する能力は無い、もしくは劣っていた。

【0008】そこで、空気バネをアクチュエータとする能動的除振装置に大重量物の姿勢制御を、VCMをアクチュエータとする能動的除振装置に制振制御を主に担当させて装置全体の除振及び制振性能を向上させんとすることが考えられていた。

【0009】空気バネとVCMの両者をアクチュエータとした能動的除振装置の公知例として特開平6-117480号公報等がある。ここでは、空気バネとVCMとを併用した振動除去装置であって、定盤上の大重量物を空気バネで支持し、空気圧の変化から定盤に作用する荷重を検出し、その検出信号を適切なアルゴリズムを用いて制御定数を算出してなる補償器を介してVCMを駆動する構成を有するものが示され、併せて同一の支持脚内に空気バネとVCMとを巧みに配置した構成を有するものが開示されている。ただし、重力方向に姿勢制御する場合の構成であり、水平方向に関する支持脚内のアクチュエータ配置については開示がなかった。

【0010】さらに、2種類の除振装置を組み合わせた公知例として、特開平6-42578号公報等がある。床振動に対する除振効果と、機器内の移動反力に対する制御効果とを両立させる目的で案出されたものであり受動型除振装置と並列に、受動型ダンパ部材もしくは受動型バネ部材と、電磁石およびこれを制御するコントローラから構成された半能動型ダンパ装置もしくは半能動型剛性機構装置を開示している。受動型除振装置によって定盤を含めた大重量物の支持が安価かつ容易に行える利点はある。しかし、支持物体の姿勢を微妙に位置決めしたいという要求には応えることができなかった。仮に、

受動的除振装置の機械的調整によって所望の姿勢への位置決めが行えたとしても、受動的除振装置を構成する受動部品の経時的特性変化に原因して姿勢が変動してしまう、という問題があった。最後に、水平方向の空気バネの配置を示す公知例として次の文献を挙げておく。

【0011】安田、大阪、池田：“フィードフォワード制御を併用したアクティブ除振装置の研究”日本機械学会論文集C、vol. 58、No. 552、p. 2381、(1992-8)

上記文献には、8個の空気バネを平板状の定盤の四隅に配置した構成の説明が記載されている。鉛直方向の支持のために4個の空気バネのアクチュエータが、そして水平方向の支持のために残り4個の空気バネが配置されている。ここで、水平方向のxとy軸方向に対しては各2個ずつの空気バネが使用され、平板状の定盤の対角位置に配置されている。いわゆる、水平方向の空気バネは風車配置になっている。水平方向への冗長な空気バネの配置を廃し、必要最低限の空気バネを使って水平方向の制振除振を実現することが意図であり産業用装置にとって優れた装置構成を提供するものであった。

【0012】ここで、空気バネをアクチュエータとして用いた能動的除振装置の水平面内の支持を行わせる空気バネ式支持脚の構造を図5に示そう。同図において、1は空気バネ、2は空気バネ1によって支持する本体装置と機械的に接続する支持脚フレーム、3a、3bは予圧用機械バネ、4は空気バネ1の駆動力を本体装置と機械的に接する支持脚フレーム2に伝達するためのフォースピンであり、これらの構成要素をもって水平面内を支持する空気バネ式支持脚5を構成している。なお、図中斜線部は、機械的には設置床と接触している部位を示す。引続いて、図5と同構造の空気バネ式支持脚5a、5b、5c、5dを平板状の定盤6の四隅に配置したときの上面図を図6に示す。図中のxyz座標系を使って示せば、空気バネ式支持脚5aはx軸方向に、5bはy軸方向に、5cはx軸方向に、そして5dはy軸方向に駆動力を発生するようにそれぞれの空気バネが配置されている。すなわち、空気バネが風車配置されているのである。

【0013】次に、VCMの一例である平板型リニアモータ11の構造を図9に示そう。同図において、7は永久磁石、8は巻線コイル、9は巻線コイル8の支持枠、10は永久磁石7を固定する固定枠である。支持枠9を堅固に固定して巻線コイル8に電流を通電したときには永久磁石7を含めた固定枠10が、固定枠10を堅固に固定して巻線コイル8に電流を通電したときには巻線コイル8を含めた支持枠9がそれぞれ駆動力を得る。

【0014】空気バネとVCMを併用したハイブリット式制振除振装置を実現するに当たっては、空気バネ1とVCMの一例である平板型リニアモータ11の支持脚への組み込み方が課題となる。空気バネを大重量物の位置

決め用に、VCMを制振用に活用せんとするとき、同一の支持脚内にこれらのアクチュエータを収納しようとする。一般的には、空気バネとVCM両者の駆動方向が同一であるように並列配置した支持脚が構成される。図7はこの一例を示す。図5に示す空気バネ式支持脚5の中に図9に示す平板型リニアモータ11を組み込んでおり、両者の駆動方向は一致している。しかし、空気バネ1と予圧用機械バネ3a、3bなどから成る機構に対して新たに平板型リニアモータ11を組み込まねばならないので支持脚が大型化する問題を抱えていた。また、空気バネ1の駆動点と平板型リニアモータ11のそれが不一致であることに原因して、両アクチュエータを固定する機構部品に対して曲げを発生せしめ、もって除振装置にとって好ましくない不要振動を惹起せしめるという問題があった。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】空気バネをアクチュエータとする能動的除振装置は、定盤を含めた大重量物を支持して姿勢の位置制御をすることにおいて優れた能力を持っている。しかし、制御ループの応答が緩慢なので搭載機器が発生する振動を、例えばフィードフォワード的に補償して抑圧する能力の面では劣っていた。一方、VCMをアクチュエータとする能動的除振装置は俊敏な応答性を有する。故に、搭載機器が発生する振動を検出してフィードバックするか、あるいはフィードフォワード的に補償すると瞬時にそれを抑圧できる能力がある。しかし、装置全体の姿勢を位置決め制御する能力は劣っているか、あるいはまったくその能力を持っていなかった。そこで、空気バネとVCMの両者をアクチュエータとして有する能動的除振装置を構成することによって、姿勢制御と制振制御の両性能を満足させることはすでに案出されていた。しかし、特に平板状の定盤を支持する能動的除振装置の水平方向制御において、両者のアクチュエータが好適に配置されていないことに原因した性能問題があり、それを解決することが課題として残されていた。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明では空気バネをアクチュエータとする能動的除振装置に大重量物の姿勢制御を、VCMをアクチュエータとする能動的除振装置に制振制御を主に担当させて、装置全体の除振および制振性能を向上させることを目的としており、そのために特に水平面内の空気バネとVCMの好適な配置を与える。より具体的には、水平面内の制振除振のため、平板状の定盤の四隅に配置するためのアクチュエータとして空気バネ4個とVCMを4個を備え、平板状の定盤の対角位置2箇所に同一の駆動軸を有する空気バネを配置し、もう一对の対角位置2箇所には前記駆動方向と直交する駆動軸を有する空気バネを配置し、各4個の空気バネの駆動軸の駆動方向と直交する駆動軸を持つVCMが各空気

バネの近傍に備えられているハイブリッド式制振除振装置を構成する。

【0017】

【作用】平板状の定盤の四隅に風車配置された空気バネのアクチュエータによって、同定盤の水平面内3自由度の運動、すなわちx軸方向並進運動、y軸方向並進運動およびz軸回りの回転運動を位置決め制御する。

【0018】同時に、各四隅に配した空気バネの駆動軸と直交した駆動軸を有するVCMを空気バネの近傍に配置することによって、定盤に作用する3自由度の振動、すなわちx軸方向並進振動、y軸方向並進振動、およびz軸回りの回転振動を抑圧する。

【0019】

【実施例】図1は本発明の一実施例に係るハイブリッド式制振除振装置の構成を示す図である。同図では水平方向支持の為のハイブリッド支持脚28a、28b、28c、28dが平板状の定盤6の四隅に配置されている。図8にはこれらハイブリッド支持脚28の一構造を示す。図8において、空気バネ1の駆動方向に対して平板型VCM11はそれと直行する方向に駆動の自由度を持つように、巻線コイル8を支持する支持枠9は斜線を施した部材に接合している。すなわち、永久磁石7を含めた固定枠10が可動するようになっている。再び図1を参照して、ハイブリッド支持脚28a、28b、28c、28dの空気バネの駆動方向はそれぞれx方向、y方向、x方向、y方向であり、これら支持脚の各平板型VCMの駆動方向はy方向、x方向、y方向、x方向になっているのである。なお、図1を構築するため、空気バネとそれと直交する駆動軸を有するVCMは同一の支持脚内に例えば図8に示す如く収納されていた。しかし、必ずしも同一の支持脚内に組み込まれる必要はない。要は、平板状の定盤の四隅に、水平面内の駆動軸が直交するこれら2種のアクチュエータが近接して配置されれば良いのである。

【0020】結局、図1に示す本発明の内容を簡潔に表現すると図2のようになる。図中、Aは空気バネを、Vは平板型VCMを表現しており、且つ、AとVとから出ている矢印は、図示のxyz座標系における駆動力の作用方向を示す。Aで示される4個の空気バネとVで示される4個の平板型VCMの両者はいずれも風車配置になっているが、一つの支持脚をみると空気バネと平板型VCMの駆動方向は互いに直交しているのである。したがって、空気バネが作る風車配置に対して、その配置で空となった部位に平板型VCMで構成する風車配置を入れ込んだ構造になっているのである。

【0021】

【発明の効果】アクチュエータとしての空気バネを平板状の定盤の四隅に風車状に配置することは、冗長なるアクチュエータの使用を抑えて経済的な装置構成となせる利点があった。しかしながら、一般に定盤6は対称構造

に作られることは有り得ず、このような定盤2の上に駆動運動する機器が搭載されたとき、必然的に回転の姿勢（ z 軸回り）を拘束する能力が劣り、したがって z 軸回りのモーメント外乱に抗する性能も十分でない。という問題があった。

【0022】しかし、図1に係る本発明のハイブリッド式制振除振装置によれば、定盤の四隅に風車配置された空気バネが在り、さらに制振用の平板型VCMを空気バネが空配置の部位に風車配置している。したがって、空気バネの働きによる位置決め性能と、平板型VCMの働きによる制振性能とをバランスよく満たせる、という効果がある。

【0023】また、空気バネと平板型VCMとを駆動方向が同一となるように並列に配置した従来の場合には、駆動点の不一致に起因した機構部品の変形を生ぜしめたり、あるいは局所的な機械振動を惹起せしめこれが除振装置としての除振および制振性能を劣化させていたのであるが、本発明のハイブリッド式制振除振装置によればこのような問題を回避できる、という効果もある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例に係るハイブリッド式制振除振装置の構成を示す図である。

【図2】 発明の内容を簡潔に表現したブロック図である。

【図3】 空気バネをアクチュエータとする支持脚のフ

ィードバック装置の構成である。

【図4】 VCMを使った除振装置における制御ループの基本構成である。

【図5】 空気バネ式支持脚の構造を示す図である。

【図6】 支持脚の配置図である。

【図7】 ハイブリッド支持脚の第1の構造を示す図である。

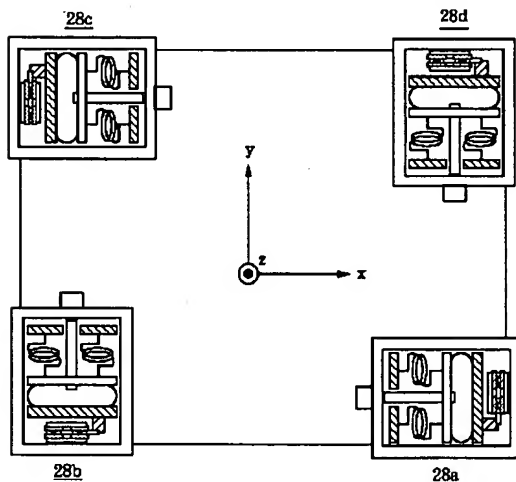
【図8】 ハイブリッド支持脚の第2の構造を示す図である。

10 【図9】 平板型リニアモータの構造図である。

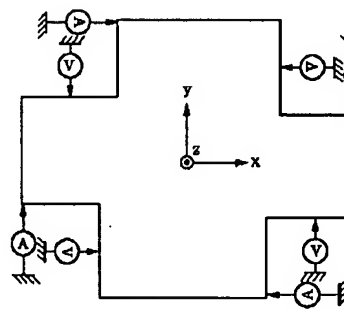
【符号の説明】

1：空気バネ、2：支持脚フレーム、3a、3b：予圧用機械バネ、4：フォースピン、5、5a、5b、5c、5d：を空気バネ式支持脚、6：定盤、7：永久磁石、8：巻線コイル、9：支持棒、10：固定棒、11：平板型VCM、12：空気バネ式支持脚、13：サーボバルブ、14：空気バネ、15：位置センサ、16：支持台、17：予圧用機械バネ、18：粘性要素、19：フィードバック装置、20：加速度センサ、21：ローパスフィルタないしバンドパスフィルタ、22：電圧電流変換器、23：変位増幅器、24：比較回路、24、25：目標電圧、26：PI補償器、27：ハイブリッド支持脚、28：ハイブリッド支持脚、29：前置フィルタ、30：積分器、31：電力増幅器。

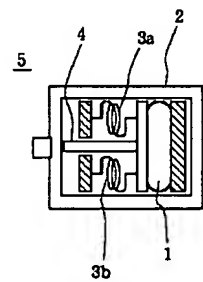
【図1】



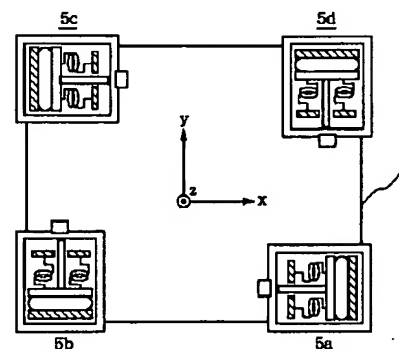
【図2】



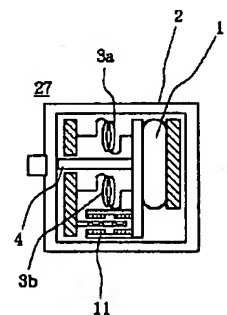
【図5】



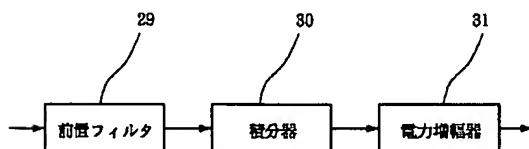
【図6】



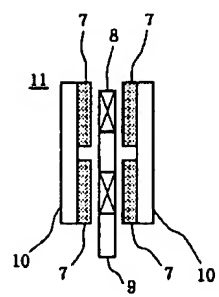
【図7】



【図4】



【図9】



NOTICES

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to what is suitably used as 1 configuration units, such as semiconductor fabrication machines and equipment which come to carry especially the X-Y stage for exposure, about the hybrid type damping vibration removal equipment which uses a pneumatic spring and a voice coil motor as an actuator.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, the device group which dislikes an oscillation is carried on a shock absorbing desk. For example, they are an optical microscope, an X-Y stage for exposure, etc. Especially, this stage must be carried on the shock absorbing desk which eliminated the oscillation transmitted from the outside as much as possible so that exposure suitable in the case of the X-Y stage for exposure and quick may be performed. The X-Y stage for exposure is because it must be carried out in the state of a drop dead halt. Furthermore, the X-Y stage for exposure must be noticed also about having on-off operation called a step & repeat as a mode of operation, self generating the step oscillation of a repeat, and this making the shake of a shock absorbing desk cause. Also when remaining without being able to set an oscillation of this kind, it is impossible to start exposure actuation. Therefore, the shock absorbing desk is asked for realizing the vibration removal to extraneous vibration, and the damping engine performance of the forced oscillation resulting from the carried own motion of a device with sufficient balance.

[0003] In addition, the semi-conductor aligner of the scanning method which irradiates exposure light on a silicon wafer has also appeared, making an X-Y stage etc. scan instead of the semiconductor fabrication machines and equipment of the step & repeat method of irradiating exposure light to the silicon wafer of loading on this stage, since the drop dead halt of the X-Y stage is carried out. As for asking, it is same to fill the vibration removal to extraneous vibration and the damping engine performance to the forced oscillation resulting from the own motion of a device carried in the shock absorbing desk with sufficient balance also to the shock absorbing desk used for such equipment.

[0004] Now, a shock absorbing desk is classified into a passive shock absorbing desk and an active shock absorbing desk as everyone knows. It is tended to use active vibration removal equipment in recent years in order to meet the demand to high-degree-of-accuracy positioning for which the loading device on a shock absorbing desk is asked, a high-degree-of-accuracy scan, high-speed migration, etc. As an actuator used for active vibration removal equipment, there are a pneumatic spring, a voice coil motor, a piezoelectric device, etc.

[0005] First, I will explain the configuration and its actuation of the feedback equipment 19 to the pneumatic spring type support saddle 12 in the active vibration removal equipment which uses a pneumatic spring as an actuator using drawing 3. the SAPO bulb by which it sets to this drawing, and 13 charges and exhausts the air of working fluid to a pneumatic spring 14, and 15 -- the direction of a vertical of susceptor 16 -- it is the viscous element with which the position sensor which measures a variation rate, and 17 express the machine spring for precompression, and 18 expresses the viscosity of a pneumatic spring 14, the machine spring 17 for precompression, and the whole device that is not illustrated. The device together put from these component parts is called the pneumatic spring type support saddle 12. Next, the configuration and its actuation of the feedback equipment 19 to the pneumatic spring type support saddle 12 are explained. First, negative feedback of the output of an acceleration sensor 20 is carried out to the preceding paragraph of the electrical-potential-difference current repeater 22 for the valve-opening close of servo BARUPU 13 through the low pass filter thru/or band pass filter 21 which has suitable amplification degree and a suitable time constant. Stabilization of a device is attained by this acceleration feedback loop. That is, damping is given. Furthermore, the output of a position sensor 15 is the input of a comparison circuit 24 through the displacement amplifier 23. Here, it is compared with the target electrical potential difference 25 equivalent to the target position to the ground surface where the pneumatic spring type support saddle 12 touches, and becomes the deflection signal e. e excites the electrical-potential-difference current repeater 22 through Pthis deflection signal 1 compensator 26. Then, the pressure in a pneumatic spring 14 is adjusted by the valve-opening close of a servo valve 13, there is no steady-state deviation in the desired location specified on the target electrical potential difference 25, and maintenance of susceptor 16 is attained. Here, meaning P, I means integral control action proportionally, respectively. The pneumatic spring type support saddle 12 which used the pneumatic spring 14 as the actuator has the capacity that a large heavy lift can be carried on susceptor 16. However, a high-speed response was not expectable to the closed loop system which consists of a pneumatic spring type support saddle 12 and feedback equipment 19.

[0006] Next, the feedback equipment configuration and actuation of the support saddle in the active vibration removal equipment which uses as an actuator the voice coil motor (henceforth VCM) which consists of a permanent magnet and a coil are explained. It changes into an integrator through the output signal of an acceleration sensor at a speed signal, the power amplifier which drives VCM by this signal is excited, and it becomes the basic configuration of a control loop to give damping to the surface plate supported as a result. Drawing 4 is the basic configuration of the control loop in the vibration removal equipment using VCM. In this drawing, an integrator for suitable prefilter for 29 to remove offset and the noise of a RF in response to the output signal of an acceleration sensor and 30 to change the output signal of prefilter 29 into the dimension of a rate and 31 are the power converters for driving VCM (un-illustrating). In addition, a false integrator is sufficient as an integrator 30 if needed. With the active vibration removal equipment which uses VCM as an actuator, quick responsibility is the description. However, it causes [must energize a current steady for the support which positions a large heavy lift in a coil coil, and] an exoergic problem and is disadvantageous. Usually, a control loop is constituted so that VCM may be driven only following the generated oscillation.

[0007] Now, the active vibration removal equipment which uses a pneumatic spring as an actuator has the capacity which was excellent in carrying out position control of a position in support of a large heavy lift including a surface plate. However, since the response of a

control loop is slow, in order to offset the effect of the oscillation which a loading device generates, in respect of the capacity which compensates the driving signal of this device, drives the actuator of a pneumatic spring in feedforward, and oppresses the effect of an oscillation, it was inferior. On the other hand, although the active vibration removal equipment which uses VCM as an actuator had quick responsibility, there is no capacity which carries out point-to-point control of the position of the whole equipment, or it was inferior.

[0008] Then, it considered making the active vibration removal equipment which uses VCM as an actuator for the attitude control of a large heavy lift at the active vibration removal equipment which uses a pneumatic spring as an actuator mainly take charge of damping control, and using the vibration removal and the damping engine performance of the whole equipment as an improvement ** plug.

[0009] There is JP,6-117480,A etc. as a well-known example of the active vibration removal equipment which used both pneumatic spring and VCM as the actuator. Here it is the oscillating stripper which used a pneumatic spring and VCM together, the large heavy lift on a surface plate supports with a pneumatic-pressure spring, the load which acts on a surface plate from change of pneumatic pressure detects, what has the configuration which drives VCM through the compensator which comes to compute the detecting signal a control parameter using a suitable algorithm is shown, and what has the configuration which has arranged a pneumatic spring and VCM skillfully in the same support saddle collectively is indicated. However, there was no disclosure about the actuator arrangement in the support saddle which is a configuration in the case of carrying out attitude control, and is horizontally related in the gravity direction.

[0010] Furthermore, there is JP,6-42578,A etc. as a well-known example which combined two kinds of vibration removal equipments. It is thought out in order to reconcile the vibration removal effectiveness over floor vibration, and the control effectiveness over the migration reaction force in a device, and passive mold vibration removal equipment, the half-activity mold damper gear which consisted of controllers which control a passive mold damper member or a passive mold spring member, and an electromagnet and this to juxtaposition, or half-activity mold rigidity device equipment is indicated. There is an advantage which can be performed cheaply [support of the large heavy lift which includes a surface plate with passive mold vibration removal equipment], and easily. However, the demand of wanting to position the position of a support object delicately was not able to be met. Even if the mechanical adjustment of passive vibration removal equipment was able to perform positioning to a desired position, there was a problem of resulting from with-time property change of the passive component which constitutes passive vibration removal equipment, and changing a position.

The following reference is mentioned as a well-known example which shows arrangement of a horizontal pneumatic spring at the end. [0011] Yasuda, Osaka, Ikeda: "research of active vibration removal equipment which used feedforward control together" Japan Society of Mechanical Engineers collected-works C.vol.58.No.552.p.2381 (1992-8),

Explanation of a configuration of having arranged eight pneumatic springs in the four corners of a plate-like surface plate is indicated by the above-mentioned reference. It remains for the actuator of four pneumatic springs, and horizontal support for support of the direction of a vertical, and four pneumatic springs are arranged. Here, every two pneumatic springs each are used to horizontal x and y shaft orientations, and it is arranged in the diagonal location of a plate-like surface plate. The so-called horizontal pneumatic spring is wind-mill arrangement. It was an intention to abandon arrangement of the redundant pneumatic spring to a horizontal direction, and to realize horizontal damping vibration removal using a necessary minimum pneumatic spring, and it was what offers the equipment configuration which was excellent for industrial equipment.

[0012] The structure of the pneumatic spring type support saddle to which the support within the level surface of active vibration removal equipment using the pneumatic spring as an actuator is made to perform here will be shown in drawing 5. In this drawing, it is a force pin for transmitting to the support-saddle frame 2 to which the support-saddle frame linked to the main frame which supports 1 by the pneumatic spring and supports 2 by the pneumatic spring 1, and a machine target, and 3a and 3b touch the machine spring for precompression, and 4 touches the main frame and a machine target in the driving force of a pneumatic spring 1, and the pneumatic spring type support saddle 5 which supports the inside of the level surface with these components is constituted. In addition, the slash section in drawing shows the part in contact with an installation floor mechanically. Then, the plan when having arranged in the pneumatic spring type support saddles 5a, 5b, and 5c of drawing 5 and this structure and the four corners of the surface plate 6 plate-like [5d] is shown in drawing 6. if shown using the xyz system of coordinates in drawing -- pneumatic spring type support-saddle 5a -- the direction of a x axis -- as for 5b, each pneumatic spring is arranged at y shaft orientations so that, as for 5c, the direction of a x axis and 5d of driving force may be generated at y shaft orientations. That is, wind-mill arrangement of the pneumatic spring is carried out.

[0013] Next, the structure of the plate mold linear motor 11 which is an example of VCM will be shown in drawing 9. In this drawing, 7 is a permanent magnet and a fixed frame with which a coil coil and 9 fix the housing of the coil coil 8, and, as for 8, 10 fixes a permanent magnet 7. When the fixed frame 10 which includes a permanent magnet 7 when a housing 9 is fixed strongly and a current is energized in the coil coil 8 fixes a fixed frame 10 strongly and energizes a current in the coil coil 8, the housing 9 including the coil coil 8 obtains driving force, respectively.

[0014] In realizing the high Brit type damping vibration removal equipment which used a pneumatic spring and VCM together, how to the support saddle of the plate mold linear motor 11 which is an example of a pneumatic spring 1 and VCM to incorporate serves as a technical problem. a pneumatic spring -- the object for the location <DP N=0004> arrangement of a large heavy lift -- VCM -- the object for damping -- it is going to utilize -- the time -- the inside of the same support saddle -- these actuators -- I will contain -- ** -- thinking . The support saddle VCM both driving direction generally carried out [the support saddle] the parallel arrangement to the pneumatic spring so that identically is constituted. Drawing 7 R> 7 shows this example. The plate mold linear motor 11 shown in drawing 9 is incorporated into the pneumatic spring type support saddle 5 shown in drawing 5, and both driving direction is in agreement. However, it had the problem which must newly incorporate the plate mold linear motor 11 to the device which consists of a pneumatic spring 1, machine spring 3for precompression a.3b, etc., and a support saddle enlarges. Moreover, resulted from being [of a pneumatic spring 1 / driving] a point, and it of the plate mold linear motor 11 being inharmonious, bending was made to generate to the mechanism element which fixes both actuators, and there was a problem of having and making the unnecessary oscillation which is not desirable cause for vibration removal equipment.

[0015]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The active vibration removal equipment which uses a pneumatic spring as an actuator has the capacity which was excellent in carrying out position control of a position in support of a large heavy lift including a surface plate. However, in respect of the capacity which compensates the oscillation which a loading device generates since the response of a control loop is slow, for example in feedforward, and oppresses it, it was inferior. On the other hand, the active vibration removal equipment which uses VCM as an actuator has quick responsibility. Therefore, when the oscillation which a loading device generates is detected and fed back or it compensates in feedforward, there is capacity which can oppress it in an instant. However, the capacity which carries out point-to-point control of the position of the whole equipment is inferior, or did not have the capacity at all. Then, satisfying the both-sexes ability of attitude control and damping control was already thought out by constituting the active vibration removal equipment

which has both pneumatic spring and VCM as an actuator. However, in horizontal control of the active vibration removal equipment which supports a plate-like surface plate especially, there is an engine-performance problem which resulted from both actuator not being arranged suitably, and solving it was left behind as a technical problem.

[0016]

[Means for Solving the Problem] In this invention, the active vibration removal equipment which uses VCM as an actuator for the attitude control of a large heavy lift is made to mainly take charge of damping control to the active vibration removal equipment which uses a pneumatic spring as an actuator, and it aims at raising the vibration removal and the damping engine performance of the whole equipment to it, therefore suitable arrangement of the pneumatic spring within the level surface and VCM is given especially. It more specifically has four pieces for four pneumatic springs and VCM(s) as an actuator for arranging in the four corners of a plate-like surface plate for the damping vibration removal within the level surface. The pneumatic spring which has the same driving shaft in two diagonal locations of a plate-like surface plate is arranged. In two diagonal locations of a couple, the pneumatic spring which has the driving shaft which intersects perpendicularly with said driving direction is already arranged, and VCM with the driving shaft which intersects perpendicularly with the driving direction of the driving shaft of four pneumatic springs each constitutes the hybrid type damping vibration removal equipment which it has near each pneumatic spring.

[0017]

[Function] With the actuator of the pneumatic spring by which wind-mill arrangement was carried out, point-to-point control of motion of 3 within the level surface degree of freedom of the identification board, i.e., the direction translational motion of a x axis, y shaft-orientations translational motion, and the rotation of the circumference of the z-axis is carried out to the four corners of a plate-like surface plate.

[0018] The oscillation of three degrees of freedom which act on a surface plate, i.e., the direction advancing-side-by-side oscillation of a x axis, y shaft-orientations advancing-side-by-side oscillation, and the rotational vibration of the circumference of the z-axis are oppressed by arranging VCM which has simultaneously the driving shaft of the pneumatic spring allotted to four corners each, and the driving shaft which intersected perpendicularly near the pneumatic spring.

[0019]

[Example] Drawing 1 is drawing showing the configuration of the high Brit type damping vibration removal equipment concerning one example of this invention. In this drawing, it is arranged in the hybrid support saddles 28a, 28b, and 28c for horizontal support, and the four corners of the surface plate 6 plate-like [28d]. One structure of these hybrid support saddle 28 is shown in drawing 8 . In drawing 8 , to the driving direction of a pneumatic spring 1, the housing 9 which supports the coil coil 8 has joined the plate mold VCM11 to the member which gave the slash so that it may have the degree of freedom of actuation in it and the direction which goes direct. That is, the fixed frame 10 including a permanent magnet 7 carries out movable. Again, with reference to drawing 1 , the driving directions of a hybrid support saddles [28a 28b, 28c, and 28d] pneumatic spring are x directions, the direction of y, x directions, and the direction of y, respectively, and the driving direction of each plate mold VCM of these support saddles has become in the direction of y, x directions, the direction of y, and the x directions. In addition, in order to build drawing 1 , VCM which has the driving shaft which intersects perpendicularly with a pneumatic spring and it was contained as shown in the same support saddle at drawing 8 . However, it does not necessarily need to be incorporated in the same support saddle. What is necessary is for these [to which the four corners of a plate-like surface plate and the driving shaft within the level surface cross at right angles] two sorts of actuators to approach in short, and to just be arranged.

[0020] If the content of this invention shown in drawing 1 is expressed briefly after all, it will become like drawing 2 . The arrow head which A expresses a pneumatic spring among drawing, and V is expressing the plate mold VCM, and has come out of A and V shows the operation direction of the driving force in the xyz system of coordinates of a graphic display. Although each of both of four plate molds VCM shown by four pneumatic springs shown by A and V is wind-mill arrangement, if one support saddle is seen, the driving direction of a pneumatic spring and the plate mold VCM lies at right angles mutually. Therefore, it has structure which put the wind-mill arrangement constituted from a plate mold VCM into the part which became empty by the arrangement to the wind-mill arrangement which a pneumatic spring makes.

[0021]

[Effect of the Invention] arranging the pneumatic spring as an actuator in the shape of a wind mill in the four corners of a plate-like surface plate -- redundancy -- suppress the activity of an actuator and make with an economical equipment configuration -- there was ***** . However, generally the engine performance of a surface plate 6 being made by symmetry structure which it is not possible, and the capacity which restrains a rotational position (circumference of the z-axis) inevitably when the device which carries out actuation operation is carried on such a surface plate 2 is inferior, therefore resists the moment disturbance of the circumference of the z-axis is not enough, either. There was a problem to say.

[0022] However, according to the hybrid type damping vibration removal equipment of this invention concerning drawing 1 , the pneumatic spring by which wind-mill arrangement was carried out is in the four corners of a surface plate, and the pneumatic spring is carrying out wind-mill arrangement of the plate mold VCM further for damping to the part of empty arrangement. Therefore, it is effective in the ability to fill the positioning engine performance by work of a pneumatic spring, and the damping engine performance by work of the plate mold VCM with sufficient balance.

[0023] Moreover, although deformation of the mechanism element resulting from the inequality of a driving point is made to produce, or local mechanical vibration was made to cause in the former which has arranged the pneumatic spring and the plate mold VCM to juxtaposition so that a driving direction may become the same and this was degrading the vibration removal and the damping engine performance as vibration removal equipment, it is effective in such a problem being avoidable according to the hybrid type damping vibration removal equipment of this invention.

[Translation done.]

• • • • •

[Date of extinction of right]